

Analysis of the Mechanism of Secondary Cell Wall Synthesis Controlled by Silicon in Rice (*Oryza sativa* L.)

| | |
|----------|---|
| 著者 | 山本 剛史 |
| その他のタイトル | イネにおいてケイ素により制御される二次細胞壁合成機構の解明 |
| 学位授与大学 | 筑波大学 (University of Tsukuba) |
| 学位授与年度 | 2013 |
| 報告番号 | 12102甲第6919号 |
| URL | http://hdl.handle.net/2241/00122481 |

| | | | |
|---------|--|--------|-------|
| 氏名（本籍） | 山本 剛史 （ 静岡県 ） | | |
| 学位の種類 | 博 士（ 理学 ） | | |
| 学位記番号 | 博 甲 第 6919 号 | | |
| 学位授与年月日 | 平成26年 3月25日 | | |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当 | | |
| 審査研究科 | 生命環境科学研究科 | | |
| 学位論文題目 | Analysis of the Mechanism of Secondary Cell Wall Synthesis Controlled by Silicon in Rice (<i>Oryza sativa</i> L.) (イネにおいてケイ素により制御される二次細胞壁合成機構の解明) | | |
| 主査 | 筑波大学教授 | 理学博士 | 佐藤 忍 |
| 副査 | 筑波大学講師 | 博士（理学） | 岩井 宏暁 |
| 副査 | 筑波大学助教 | 博士（農学） | 古川 純 |
| 副査 | 筑波大学准教授 | 博士（農学） | 三浦 謙治 |

論 文 の 要 旨

植物にとって有益な元素であるケイ素は地殻中に豊富に存在し、特にケイ酸塩の形態で土壌中に豊富に存在しているため、土壌で生育する全ての植物はその組織中にケイ素を含有している。中でもイネ（*Oryza sativa*）は非常に高濃度のケイ素を蓄積することが知られている。ケイ素が植物にもたらす影響として、食害・病害といった生物ストレスや金属毒性・低温・乾燥といった環境ストレスの低減、光合成効率の増加、収量の増加といった効果があることが知られている。イネにおいてはこれまでに細胞壁中に高分子量ケイ素複合体が存在しているという報告や、ケイ素欠乏下で細胞壁が厚くなるといった報告があり、細胞壁多糖類との関係が示唆されていた。本研究では、イネ細胞壁がケイ素の蓄積によって量的・質的にどのような変化を起こすのか、またそれらに関与するどのような遺伝子が働いているのかを明らかにすることを通して、ケイ素が植物体内でもつ役割や意義を解明することを目的とした。

1.5 mM ケイ素を添加した 1/2 KimuraB 水耕液（+Si 条件）およびケイ素を添加していない同水耕液（-Si 条件）で栽培したイネを実験試料として細胞壁の分析を行ったところ、-Si 条件でセルロース量が増加していた。また、リグニン量の測定を行ったところ、リグニン量も -Si 条件で増加していた。セルロースやリグニンの合成に関わる遺伝子である *OsCesA4*、*OsCesA7*、*OsPAL*、*OsCAD*、*OsCCR* の発現量を解析したところ、-Si 条件で上昇していることが明らかになった。これらの結果から、-Si 条件ではセルロースやリグニンからなる二次細胞壁の合成が促進されていることが示唆された。ケイ素が欠乏するとイネは物理的強度が落ちることが知られており、-Si 条件での二次細胞壁の増加はそれを補うためであると考えられた。次にケイ素欠乏下での二次細胞壁合成のメカニズムを明らかにするため、関連する転写因子がケイ素によってどのような応答を示すかを調べた。二次細胞壁合成にはマスタースイッチとして機能する NAC 型転写因子と、その下流で機能する MYB 型転写因子が関与することが明らかになっ

ている。NAC 型転写因子をコードする遺伝子の発現量を調べたところ、*OsSWN2*、*OsSWN3*、*OsSWN6*、*OsSWN7* の発現量が -Si 条件で上昇していることが分かった。これらのことから、ケイ素欠乏時の二次細胞壁合成も NAC 型転写因子の制御下にあるということが示唆された。次に、ケイ素欠乏への細胞壁の応答をより詳細に調べるために、ケイ素条件を変化させた時のリグニン量や遺伝子の発現量を経時的に解析した。ケイ素条件の変化は +Si 条件から +Si 条件 (+Si/+Si 条件)、+Si 条件から -Si 条件 (+Si/-Si 条件) の 2 つで、条件を変えてから 1 週間の変化を調べた。その結果、リグニン量は 1 週間の間に両方の処理区で増加していたが、その増加量は +Si/+Si 条件に比べて +Si/-Si 条件の方が大きかった。同様の条件で、NAC 型転写因子のひとつである *OsSWN3* の発現量を調べたところ、条件変更後 1 週間の時点で +Si/-Si 条件では +Si/+Si 条件よりも発現量が上昇し、3 日目の時点でその傾向が見られた。このことから、イネにおけるケイ素の欠乏に対する応答は 1 週間以内には始まっていると考えられた。

以上の結果から、イネにおいてはケイ素の欠乏によって二次細胞壁の合成が促進されることが明らかになった。このことから、通常の土壌のようなケイ素が豊富にある環境では、イネはケイ素を構造維持に利用することによって、二次細胞壁合成に必要なエネルギーを節約しているのではないかと考えられる。また、ケイ素量に応答して二次細胞壁合成のマスタースイッチとなる NAC 型転写因子の発現量が増加していたことから、ケイ素を介した二次細胞壁合成の制御機構が存在することが示唆された。

審 査 の 要 旨

ケイ素はイネの生育において有益な効果を及ぼすことが知られていたが、その具体的な分子生物学的機構については明らかにされていなかった。特にイネ地上部の受光態勢に強く関わる細胞壁の特性に対するケイ素の影響はその多くが未解明であった。本研究では栽培環境におけるケイ素の多寡に応じてイネの細胞壁組成が異なり、ケイ素欠乏下では二次細胞壁の合成が促進されていることを明らかにした。また二次細胞壁を合成するための遺伝子群の発現がケイ素条件により変化することを示すことにより、ケイ素環境により制御される細胞壁合成系の存在を明らかにしたものである。イネがどのようにケイ素環境を認識し、二次細胞壁合成を制御しているかについてより詳細な解析が待たれるものの、上流からのシグナルを統合する NAC 型転写因子の関与が強く示唆されている。これらの研究結果は、農業的なイネ栽培条件の改善・効率化につながるのみならず、植物がどのように栄養環境を認識するか、またイネ科植物がケイ素を積極的に活用するようになった過程を明らかにする上で多大な貢献をするものと考えられ、非常に価値が高い。

平成 26 年 1 月 28 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。